

УДК 634.14:664.8.037.5

DOI: 10.15587/1729-4061.2019.169350

Визначення раціональних режимів низькотемпературного зберігання та отримання продуктів переробки айви японської з високими споживними властивостями

Д. М. Одарченко, А. М. Одарченко, О. О. Лісніченко, К. В. Сподар

Стаття присвячена комплексному дослідженню раціональних режимів низькотемпературного зберігання та отримання продуктів переробки айви японської з високими споживними показниками шляхом дослідження кінетики заморожування та вивчення мікробіологічних показників зразків.

Проведено дослідження поведінки представницької частини айви японської в процесі низькотемпературного зберігання. Встановлено, що зі збільшенням циклів заморожування-центрифугування спостерігається збільшення маси рідкої частини і зменшення маси твердої частини.

Проведено кріоскопічні дослідження продуктів переробки айви японської за допомогою низькотемпературного калориметра, який дозволяв регулювати температуру та швидкість заморожування, а також безперервно реєструвати температуру зразків. Встановлено, що масова частка вимороженої вологи збільшується від 84,8 % до 87,0 % для рідкої частини, від 63,7 % до 64,9 % – для твердої частини.

Кількісно визначено перший та другий діапазони температур кристалізації та плавлення вимороженої вологи в продуктах переробки айви японської. Відмічено, що заморожування при мінус 20 ± 2 °C сприяє повному консервуванню продукції.

Проведено дослідження змін мікробіологічних показників якості та безпечності продуктів переробки айви японської впродовж 270 діб зберігання за температури -18 ± 2 °C. Визначено, що кількість МАФАнМ, дріжджів та плісневих грибів не перевищує вимог ДСТУ 6029:2008 «Напівфабрикати фруктові та ягідні (подрібнені та пюреподібні) швидкозаморожені». Отримані дані свідчать про безпечність споживання даних продуктів протягом усього строку зберігання.

Отримані дані дозволяють обґрунтовано визначати оптимальні режими низькотемпературного зберігання продуктів переробки айви японської та отримати певні ефекти від впровадження у виробництво. Це дасть можливість розширити асортимент замороженої продукції на основі вітчизняної сировини

Ключові слова: айва японська, заморожена продукція, кінетика заморожування, дефростація, мікробіологічні показники

1. Вступ

Питання збагачення продуктів харчування натуральними інгредієнтами є актуальним, тому що вплив несприятливих екологічних факторів, дефіцит у

раціонах харчування біологічно-активних речовин приводить до погіршення стану здоров'я людини і, як наслідок, скорочення тривалості життя.

Одним з напрямків розвитку харчової промисловості є розширення виробництва функціональних продуктів харчування з підвищеним вмістом біологічно активних сполук. Це можна досягти шляхом раціонального використання запасів рослинної сировини, максимального вилучення та збагачення її природним комплексом біологічно цінних речовин [1].

Айва японська представляє собою сезонний фрукт з особливою морфологічною структурою. За вмістом органічних та жирних кислот, пектинів, ароматичних речовин, вітамінів, фенольних сполук, ефірних масел та амінокислот не має аналогів. Високі технологічні та лікувально-профілактичні властивості айви японської дозволяють рекомендувати її в якості сировини в лікувально-профілактичному та збалансованому харчуванні. Є перспективною сировиною як джерело пектинових речовин та органічних кислот.

Плодово-ягідна сировина характеризується коротким терміном зберігання, що визначає необхідність дослідження способів переробки для цілорічного забезпечення населення даною продукцією [2]. Одним з унікальних способів збереження харчової та біологічної цінності плодів та ягід є низькотемпературне заморожування.

Заморожування є одним із кращих методів тривалого зберігання плодів. Заморожування зберігає оригінальний колір, аромат і поживну цінність більшості плодів. Свіжі фрукти після збирання продовжують піддаватися хімічним, біохімічним і фізичним змінам, які можуть викликати такі реакції, як старіння, ферментативний розпад, хімічний розпад і мікробний ріст. Процес заморожування зменшує швидкість цих реакцій деградації і гальмує мікробіологічну активність. Процес заморожування, низькотемпературного зберігання і відтавання мають вирішальне значення для отримання плодів високої якості після заморожування і відтавання [3].

Утворення кристалічних і склоподібних структур відіграє важливу роль при заморожуванні та зберіганні харчових продуктів. Заморожені продукти можуть містити фази, що не замерзають, що пояснюється ефектом концентрування розчинів за рахунок зменшення в них кількості води, що перейшла у форму льоду. Але деякі процеси, такі як ферментативний гідроліз та рекристалізація льоду, можуть відбуватися в цих невиморожених фазах води навіть за низьких температур, що в результаті призводить до зниження якості замороженої харчової продукції.

Крім цього, використання штучного холоду в технологіях консервування дозволяє максимально зберегти вихідні властивості продукту, його якість, харчову та біологічну цінність, а також зменшити втрати маси на етапі холодильного консервування та зберігання.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Заморожування – добре організований процес збереження харчових продуктів, в результаті якого їх термін зберігання подовжується. Однак заморожування не підходить для всіх харчових продуктів та може призвести до

фізичних і хімічних змін у деяких продуктах, що в свою чергу знижує якість розмороженого матеріалу або кінцевого продукту. Заморожування засноване на зміні температури нижче криоскопічної, що припиняє або призупиняє більшість фізичних, біохімічних і мікробіологічних процесів. У роботі [4] визначено оптимальні режимні параметри заморожування фруктових десертів. Проте в роботі не наведено розрахунки критеріальних рівнянь, порозності насипного шару, температури повітря на виході з апарату і тривалості заморожування продукту. Доцільно було б за масою і обсягом шару розраховувати його щільність і пористість. За фіксованою масою шару та різної швидкості завантаження ягід доцільно розраховувати середній час перебування продукту в камері заморожування. Ці результати дали б змогу визначити режимні параметри та кінетику процесу заморожування, а також розробити технології заморожування в швидкокоморозильних апаратах з направленим рухом холодоагенту.

У роботі [5] розглянуто доповнення наукових основ формування якості полідисперсних харчових систем при заморожуванні. Встановлено, що маючи теоретичні уявлення та практичні розробки, з'являється можливість скласти своєрідний товарознавчий паспорт для асортименту замороженої продукції та окремих її видів. Визначено, що контроль оберненості термодинамічних властивостей сировини дозволить науково обґрунтувати вибір раціональних технологічних операцій, що забезпечать наближення товарознавчих властивостей замороженої сировини та продуктів до натуральних властивостей. Проте авторами не сформовано технологічні завдання щодо отримання безпечного замороженого харчового продукту відповідно до їх мікробіологічних показників.

Розроблення нанотехнології замороженого пюре із каротиновмісних овочів у дрібнодисперсній легкозасвоюваній формі з унікальними якісними характеристиками наведено у роботі [6]. Виявлено, що під час криогенного «шокового» заморожування плодів та низькотемпературного подрібнення відбувається значна криодеструкція комплексів каротиноїд-біополімерів. Розкрито механізм цього процесу. Розроблено новий спосіб низькотемпературної інактивації окислювальних ферментів каротиноїдних плодів під час криогенного «шокового» заморожування. Авторами не наведено шляхи повного інактивування окислювальних ферментів. Вони можуть призвести до незворотної денатурації та коагуляції білкової глобули ферментів та заблокувати їх активні центри, що не дозволяє під час розморожування відновлювати їх ферментативну активність.

У роботі [7] розглядаються інноваційні процеси заморожування, які в даний час досліджуються та розробляються в усьому світі для поліпшення умов заморожування та якості продукції. Дослідженнями встановлено, що інноваційні процеси заморожування є вдосконаленням існуючих методів з метою досягнення набагато більших швидкостей поверхневої теплопередачі, ніж попередні системи, і, таким чином, покращують якість продукції за рахунок швидкого заморожування. Проте переваги використання даного способу заморожування залежать від типу продукції та її розміру, оскільки

теплопровідність того чи іншого харчового продукту обмежує швидкість охолодження у великих об'єктах, а не теплообмін між теплоносієм і продуктом.

Використання низьких температур є важливим фактором для збереження якості плодів після збору врожаю та значною мірою впливає на швидкість погіршення їх якості. Метою охолодження є подовження терміну експлуатації швидкопсувних продуктів, зменшення метаболічної активності та мікробного росту. В роботі [8] описуються шляхи утворення льоду в тканинах (зростання кристалів, внутрішньо- і позаклітинного льоду), початкова точка замерзання, діаграми стану, температура склування. Обговорюється вплив швидкості заморожування на якість плодів, фізичні та хімічні модифікації, поживні властивості та мікробна стабільність заморожених фруктів. В роботі доведено раціональність проведення підготовчих операцій перед заморожуванням, а саме попередньої обробки плодів з використанням цукрових сиропів і дегідрофрізації.

Збереження належної якості продукції рослинного походження є однією з головних завдань на кожному етапі заморожування. В роботі [9] наведено результати порівняння впливу різних способів зберігання фруктів. Встановлено, що технологія зберігання при температурах, близьких до замерзання (визначали за біологічною кривою заморожування), знижувала втрати ваги і біологічні розлади під час зберігання. В результаті затримувалися зміни кольору, вмісту титрованої кислотності, аскорбінової кислоти, загальних фенольних сполук, загальних флавоноїдів і загальних антоціанів. Вміст розчинних твердих речовин у плодах при температурах, близьких до замерзання, був приблизно в 1,2...1,4 рази вище, ніж при температурі 0 °C протягом терміну придатності після 80 днів зберігання в холоді. Крім того, зберігання при температурах, близьких до замерзання, також посилювало антиоксидантну властивість і затримувало пікове значення антиоксидантної здатності фруктів. Ці результати показали, що зберігання при температурах, близьких до замерзання, можна розглядати як метод збереження плодів та спосіб поліпшення якості післязбиральних і антиоксидантних властивостей плодів.

Вченими США [10] було досліджено витривалість та чутливість тканин селекційних видів айви японської до дії низьких температур. В рамках роботи шматки різних видів айви японської завантажували в програмовану камеру заморожування і піддавали заморожуванню зі швидкістю 4 °C на годину. Зразки видаляли через одну годину при кожній з п'яти температур обробки (0, мінус 10, мінус 20, мінус 30 і мінус 40 °C), інкубували при 20 °C протягом одного тижня і спостерігали за змінами в зразках під стереомікроскопом. Окремі зони тканин (флоема, камбій і ксилема) оцінювалися за ступенем окисного буріння. Найменшу експозиційну температуру з мінімальним видимим пошкодженням тканин (<25 % руйнувань) використовували як зразок з мінімальним рівнем витривалості. Дослідниками встановлено, що серед 57 селекційних видів айви японської в процесі заморожування 25 зразків не зазнали значних руйнувань тканин. Дані зразки були здатні витримувати зменшення температури середовища до мінус 30 °C, а 13 зразків – мали низький рівень буріння тканин після впливу мінус 40 °C. Тому можна зробити

висновок, що більшість видів айви японської є придатними для низькотемпературного зберігання.

Доцільність використання плодів айви японської підтверджується її унікальними сенсорними властивостями [11]. Вони містять велику кількість органічних кислот, харчових волокон, пектинів і вітаміну С. Айва японська відноситься до групи плодів з низьким вмістом моносахаридів і хорошим співвідношенням глюкози і фруктози. Плоди айви японської можна використовувати в якості натурального підкислюючого компонента. Через низьке значення рН ($2,4 \div 2,9$) дана сировина не підходить для безпосереднього споживання. Тому плоди айви японської використовують під час виробництва соків, джемів, пюре і цукатів. Крім того, додають в чай, йогурти, лимонади, морозиво, сир і кондитерські вироби, щоб поліпшити їх сенсорні властивості. Плоди айви японської успішно застосовується в якості компонента складних харчових консервів, оскільки надає їм привабливий оригінальний смак і аромат. Вченими [12] представлено альтернативні методи вилучення пектину з плодів айви японської та визначено вплив обраних змінних факторів процесу на кількісні характеристики отриманого пектину. Для цього був застосований дробовий факторний план експерименту, в якому враховувалися наступні чинники: попередня обробка айви, метод сушіння, умови кислотної екстракції і метод концентрації екстракту пектину.

В роботі [13] метою дослідження було вивчення впливу різних методів розморожування на зміни мікроструктури та текстури зразків плодово-ягідної сировини. Встановлено, що міцність всіх розморожених зразків зменшилася порівняно зі свіжими зразками. Придатність умов відтавання залежить від температури і тривалості відтавання. Розморожування при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 3 годин призвело до значно вищої ($p < 0,05$) стійкості, ніж інші зразки. Розморожування при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 1 години було сприятливою методикою для збереження вихідної тканинної структури зразків. Проте автори роботи не навели даних щодо швидкості процесу льодоутворення.

У роботі [14] представлено результати досліджень мікробіологічних показників кріопасті з айви. Встановлено, що всі основні фізико-хімічні, мікробіологічні та органолептичні показники зразків в кінці терміну зберігання відповідають вимогам. Дослідження мікробіологічних показників заморожених напівфабрикатів з додаванням рослинної сировини показали, що в процесі низькотемпературного зберігання мікробіологічна активність значно знижується [15].

Таким чином, проведений аналіз даних літератури показав, що на сучасному рівні дослідження характеру заморожування та отримання безпечних та якісних харчових продуктів існує ряд проблем, серед яких:

- залежність процесу заморожування від типу продукції та її розміру;
- обмеження швидкості заморожування продукту особливостями його теплопровідності;
- брак певних даних щодо впливу попередніх шляхів підготовки сировини до заморожування на якісні характеристики кінцевого продукту;

– неповне дослідження шляхів інактивування окислювальних процесів, що не дозволяють під час заморожування відновлювати ферментативну активність білкових компонентів харчових продуктів.

Тому дослідження поведінки представницької частини айви японської під час заморожування, визначення раціональних режимів низькотемпературного зберігання дозволить розширити дані стосовно організації процесу заморожування даної сировини.

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є визначення раціональних режимів низькотемпературного зберігання та отримання продуктів переробки айви японської з високими споживними показниками шляхом дослідження кінетики заморожування та вивчення мікробіологічних показників зразків.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

- експериментальним шляхом отримати представницьку частину айви японської для побудування моделі поведінки харчової сировини в процесі низькотемпературного зберігання;

- для визначення раціональних режимів зберігання та отримання високих якісних показників дослідити характер процесу заморожування айви японської та продуктів її переробки;

- провести дослідження мікробіологічних показників продуктів переробки айви японської впродовж 270 діб низькотемпературного зберігання за температури -18 ± 2 °C для встановлення їх безпечності.

4. Матеріали та методи дослідження параметрів заморожування продуктів переробки айви японської

Об'єктом дослідження були плоди айви японської та продукти її переробки.

Використовували айву японську або хеномелес японський (лат. *Chaenoméles japonica*), вирощену в Полтавській області (Україна). Плоди айви японської збирали в стадії повної стиглості. Плоди транспортабельні, добре зберігаються.

Заморожування проводили за допомогою експериментальної установки – низькотемпературного калориметра, що розроблений власноруч і запатентований вченими в Харківському державному університеті харчування та торгівлі (Україна) [16]. Даний прилад дозволяв регулювати температуру та швидкість заморожування, а також безперервно реєструвати температуру зразків, що використовувались у подальшому аналізі. В досліджуваній зразок, що знаходився в паронепроникній ємності, розміщали термopари та опускали в камеру низькотемпературного калориметру. В якості хладоносія використовували пари рідкого азоту, які змішувалися в певній пропорції з повітрям для отримання температури суміші газів мінус 20 °C. Експеримент закінчувався при досягненні однакової температури на вході та виході вимірювальної

установки. Схема даної установки та принцип роботи детально описано в наукових працях [17].

Під час проведення експерименту здійснювали контроль температури в зразку та температури вхідної і вихідної з камери калориметра суміші повітря та азоту. Реєстрацію температур проводили за допомогою хромель-копельових термопар, електрорушійну силу яких визначали цифровим потенціометром, з'єднаним з портом ПК. Статистичну обробку і апроксимацію бази даних проводили за допомогою програмного засобу MathCad 14.

Мікробіологічний аналіз досліджуваних зразків проводили відповідно до СанПІН 5061-89 «Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів».

Мікробіологічні показники визначалися в середній пробі свіжоприготовлених продуктів переробки айви японської та заморожених продуктів переробки після 30, 60, 90, 180 та 270 діб низькотемпературного зберігання при температурі -18 ± 2 °C.

Дослідження мікробіологічних показників заморожених продуктів переробки айви японської в процесі низькотемпературного зберігання більш ніж 270 діб є недоцільним, адже саме впродовж наступних трьох місяців відбувається збирання наступного врожаю айви японської.

5. Результати дослідження поведінки представницької частини айви японської в процесі низькотемпературного зберігання

Відповідно до мети дослідження було запропоновано ввести операцію попередньої підготовки, в результаті якої дослідна сировина повинна мати вигляд однорідної системи за рахунок розділення цієї сировини та рідку та тверду частини. При цьому, залежно від параметрів зовнішнього середовища, можливий перехід компонентів з однієї фази в іншу без протікання хімічних реакцій. З цих позицій був запропонований прийом на основі циклічного заморожування-центрифугування продуктів переробки айви японської, в результаті якого утворюються тверда та рідка частини, що носять представницький характер усього об'єкту дослідження.

Попередньо отримували рідку частину айви японської шляхом центрифугування подрібненої сировини з наступними параметрами процесу: $v=5000$ об/хв., $\tau=15$ хв. Для більш повного відділення рідкої частини, сировина піддавалася додатковому заморожуванню. Заморожування отриманих при поділі рідкої частини і подрібненої рослинної сировини здійснювали в морозильних камерах при температурі мінус 18 ± 2 °C протягом 2–3 годин. Після цього зразки розморожували в повітряному середовищі і знову піддавали центрифугуванню. При цьому рідка частина, виділена при центрифугуванні досліджуваного зразка, зливалася до загального обсягу рідкої фази, а осад, що утворився при центрифугуванні рідкої частини, додавався до загальної кількості твердої фази. Операції заморожування-центрифугування проводили циклічно.

В результаті даного дослідження спостерігаються загальні закономірності для харчової сировини. Зі збільшенням циклів заморожування-центрифу-

гування відмічається збільшення маси рідкої частини і зменшення маси твердої частини. Причому після першого заморожування відбувається більш різкий стрибок показників, а подальша зміна значень носить поступовий характер (рис. 1).

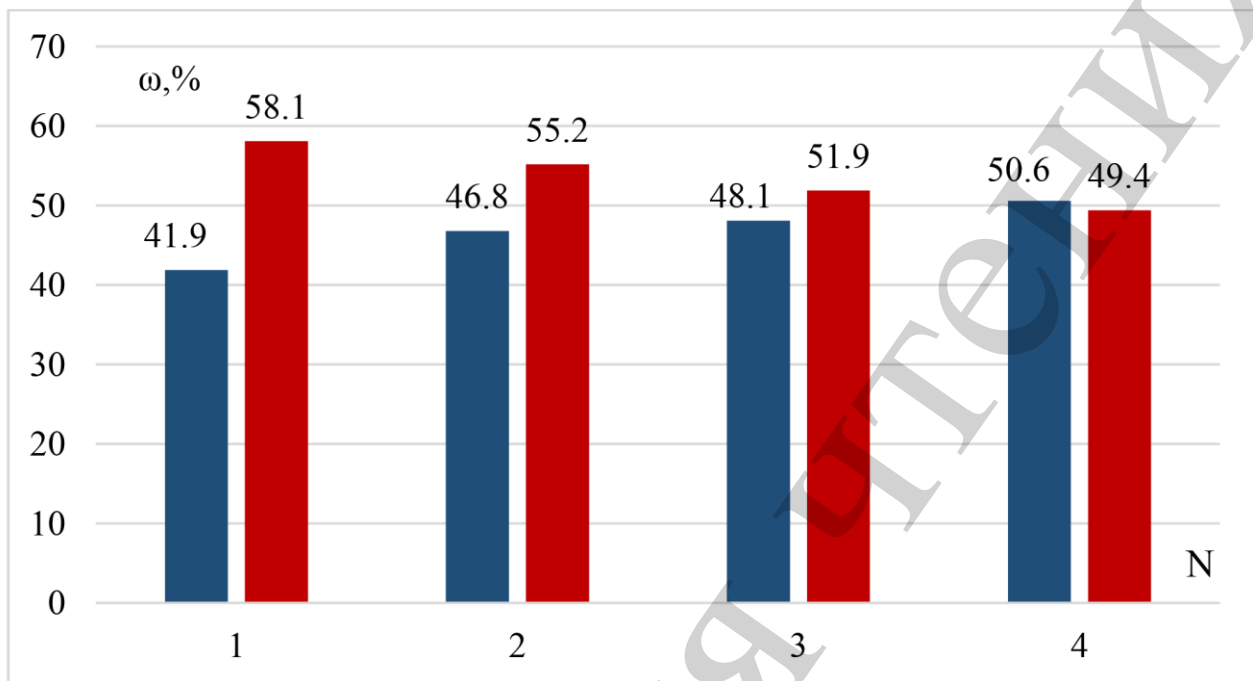


Рис. 1. Масова частка (ω , %) рідкої (■) та твердої (■) частин подрібненої айви японської, які утворилися під час циклів заморожування (N) та центрифугування: 1 – без заморожування, 2 – після першого заморожування, 3 – після другого заморожування, 4 – після третього заморожування

Після кожного циклу заморожування-центрифугування у фазах досліджуваних зразків визначали масову частку води. Залежність між масовою часткою води та кількістю циклів заморожування також може бути показовим при визначенні кількості необхідних циклів, при яких досягається фазова зворотність (рис. 2, 3).

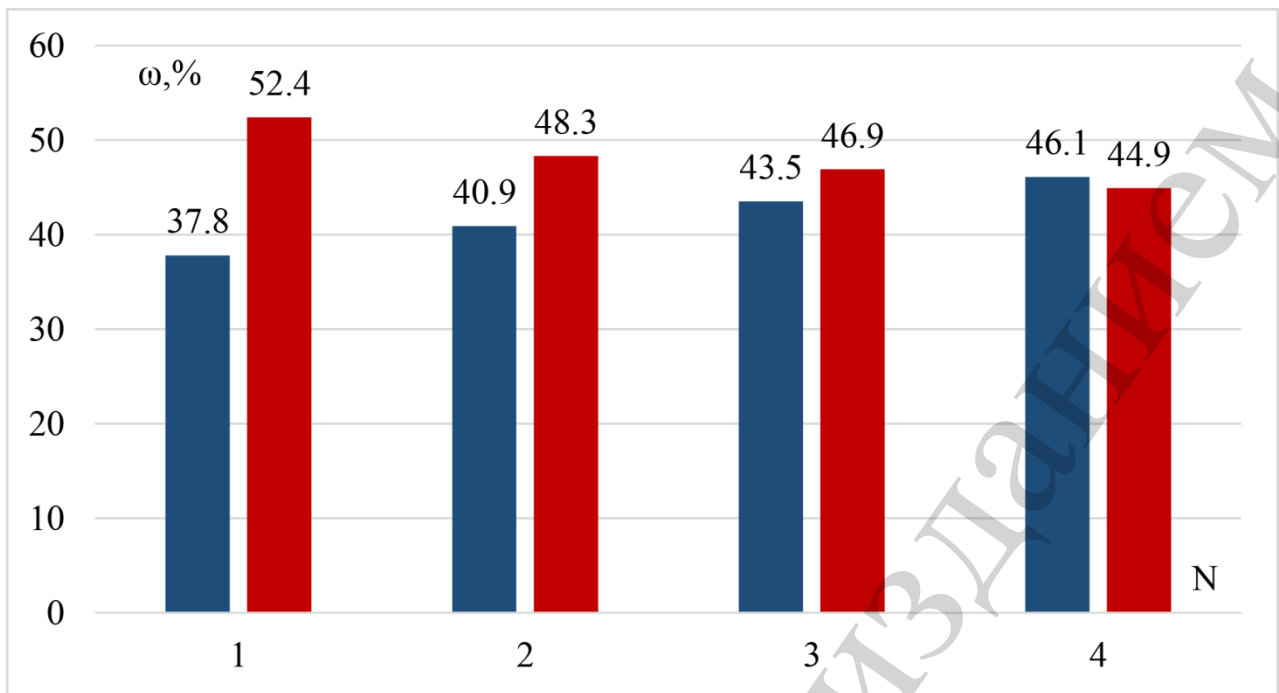


Рис. 2. Масова частка води (ω , %) в рідкій (■) та твердій (■) частинах подрібненої айви японської, які утворилися під час циклів заморожування (N) та центрифугування: 1 – без заморожування, 2 – після першого заморожування, 3 – після другого заморожування, 4 – після третього заморожування

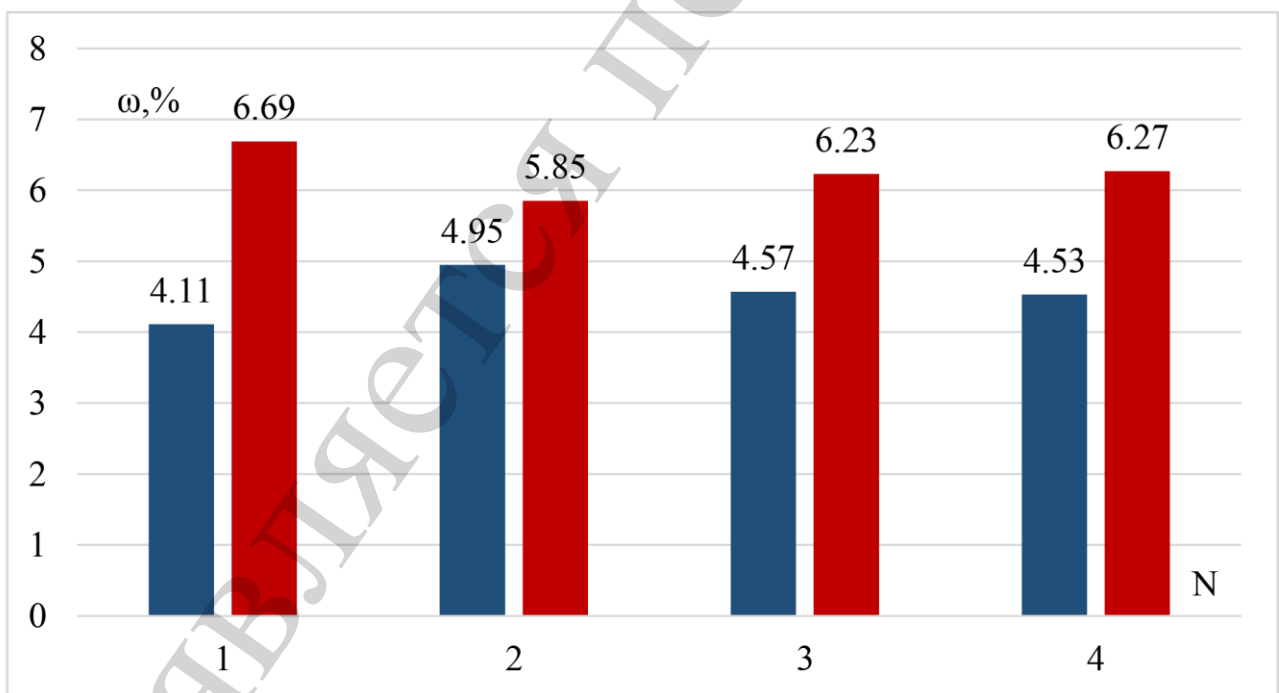


Рис. 3. Масова частка сухих речовин (ω , %) в рідкій (■) та твердій (■) частинах подрібненої айви японської, які утворилися під час циклів заморожування (N) та центрифугування: 1 – без заморожування, 2 – після першого заморожування, 3 – після другого заморожування, 4 – після третього заморожування

У цілому, аналізуючи дані рис. 2, 3, визначено, що вміст води в твердій частині досліджуваних зразків зменшується, а в рідкій частині збільшується зі збільшенням циклів заморожування-центрифугування. Як і очікувалося, за законом збереження маси, масова частка сухих речовин, навпаки, збільшується в твердій частині і зменшується у рідкій.

6. Результати дослідження характеру процесу заморожування продуктів переробки айви японської

Регламентом наукового дослідження передбачалося вивчення характеру процесу заморожування свіжоприготовленої рідкої та твердої частин айви японської, а також після 9 місяців низькотемпературного зберігання. Заморожування досліджуваних зразків проводили за температури мінус 20 °С.

У табл. 1 подано результати аналізу термограм процесу заморожування-нагрівання досліджуваних продуктів переробки айви японської.

Таблиця 1

Результати аналізу термограм заморожування-нагрівання досліджуваних продуктів переробки айви японської

Вид продукту переробки	t зам., °С	$m_{\text{нав}}$, г	1-й діапазон $t_{\text{кристалізації}}$ вимороженої води, °С	2-й діапазон $t_{\text{кристалізації}}$ вимороженої води, °С	1-й діапазон $t_{\text{плавлення}}$ вимороженої води, °С	2-й діапазон $t_{\text{плавлення}}$ вимороженої води, °С	Масова частка вимороженої води, %
Свіжоприготовлені рідка та тверда частини подрібненої айви японської							
Рідка частина	-20	25	-1,2...-4,9	-14,8...-17,9	-12,3...-7,2	-5,1...-1,2	84,8
Тверда частина	-20	25	-2,6...-7,1	-15,8...-18,1	-7,1...-4,9	-2,1...-1,3	63,7
Рідка та тверда частини подрібненої айви японської після 9 місяців низькотемпературного зберігання							
Рідка частина	-20	25	-2,3...-5,1	-14,3...-16,9	-10,1...-8,2	-4,1...-2,9	87,0
Тверда частина	-20	25	-1,1...-3,3	-15,9...-18,8	-5,1...-4,5	-1,6...-1,0	64,9

Встановлено, що масова частка вимороженої води для свіжо-приготовленої рідкої частини складає 84,8 % та твердої частини – 63,7 %. Відмічено, що після 9 місяців низькотемпературного зберігання масова частка вимороженої води збільшується. Так, для рідкої частини цей показник складає 87,0 % та для твердої частини – 64,9 %. Збільшення кількості вимороженої води в процесі низькотемпературного зберігання пояснюється гідролізом цукрів, дубильних та пектинових речовин.

Експериментально встановлено, що кожен досліджуваний зразок має два діапазони кристалізації та рекристалізації вимороженої вологи. Заморожування при -20 ± 2 °C сприяє повному консервуванню продукції. Подальше витримування при температурі в таких межах дає можливість формувати товарознавчі властивості заморожених продуктів переробки айви японської, а саме, забезпечення збереження таких органолептичних показників, як консистенція та пружність.

7. Результати дослідження мікробіологічних показників продуктів переробки з айви японської

Результати досліджень мікробіологічної безпеки продуктів переробки айви японської до заморожування та після 30, 60, 90, 180 та 270 діб представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Мікробіологічні показники продуктів переробки айви японської в процесі низькотемпературного зберігання ($P\geq 0,95$; $n=3$)

Досліджувані продукти переробки айви японської	Найменування показника				
	КМАФАнМ, КУО/ 1г продукту, не більше 5×10^4	БГКП (колі-форми) в 0,1 г продукту	Патогенні мікроорганізми, у т. ч. <i>Salmonella</i> в 25 г продукту	Дріжджі КУО/ в 1 г продукту, не більше 5×10^3	Плісєневі гриби КУО/1 г продукту, не більше 1×10^3
Свіжоприготовлені продукти переробки (до заморожування)					
Рідка частина	$7,2\times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$7,5\times 10$	8×10
Тверда частина	$4,9\times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,2\times 10^2$	$2,2\times 10^2$
Після 30 діб низькотемпературного зберігання					
Рідка частина	$8,7\times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$9,3\times 10$	$9,8\times 10$
Тверда частина	$5,2\times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,9\times 10^2$	$2,0\times 10^2$
Після 60 діб низькотемпературного зберігання					
Рідка частина	$8,5\times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$8,7\times 10$	$9,5\times 10$
Тверда частина	$4,9\times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,6\times 10^2$	$1,8\times 10^2$
Після 90 діб низькотемпературного зберігання					
Рідка частина	$8,3\times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$8,6\times 10$	$9,4\times 10$
Тверда частина	$4,8\times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,5\times 10^2$	$1,7\times 10^2$

Після 180 діб низькотемпературного зберігання					
Рідка частина з айви японської	$7,9 \times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$8,2 \times 10$	$9,0 \times 10$
Тверда частина з айви японської	$4,2 \times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,2 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$
Після 270 діб низькотемпературного зберігання					
Рідка частина	$7,8 \times 10^2$	Не виявлено	Не виявлено	$8,0 \times 10$	$8,8 \times 10$
Тверда частина	$4,2 \times 10^3$	Не виявлено	Не виявлено	$1,1 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$

Відповідно до вимог ДСТУ 6029:2008 «Напівфабрикати фруктові та ягідні (подрібнені та пюреподібні) швидкозаморожені» [18] кількість МАФАНМ (КУО в 1 г) не повинна перевищувати $5,0 \times 10^4$. Також не допускаються бактерії групи кишкових паличок та патогенні мікроорганізми. Кількість дріжджів КУО в 1 г продукту не повинні бути більше 5×10^3 , а плісневих грибів КУО в 1 г продукту не більше 1×10^3 .

З представлених даних табл. 2 можна зробити висновок, що мікробіологічні показники досліджуваних продуктів переробки айви японської не перевищують встановлених нормативів. Так, встановлено зменшення загальної мікробіологічної забрудненості зразків, що свідчить про негативний вплив холоду на життєдіяльність мікроорганізмів.

Порівняно із свіжоприготовленими продуктами переробки, кількість МАФАНМ, після 30, 60, 90, 180 та 270 діб низькотемпературного зберігання суттєво зменшується. Кількість дріжджів та плісневих грибів також зменшується в процесі зберігання, проте повного відмирання мікрофлори не відбувається. Мікробіологічна забрудненість характеризує якість та безпечність готового продукту та дозволяє судити про небажані процеси, що можуть виникнути під час його зберігання.

Узагальнення результатів дослідження дозволило визначити, що низькотемпературне зберігання продуктів переробки айви японської продовж 270 діб пригнічує життєдіяльність мікроорганізмів, що гарантує мікробіологічну безпечність продукту впродовж всього строку зберігання, тому він є цілком безпечними та придатними для споживання або подальшої переробки.

8. Обговорення результатів проведених досліджень продуктів переробки айви японської

Встановлено, що зі збільшенням циклів заморожування-центрифуговання спостерігається збільшення маси рідкої частини і зменшення маси твердої частини. Причому після першого заморожування відбувається більш різкий

стрибок показників, а подальша зміна значень носить поступовий характер. Графічне зображення цих змін наведено на рис. 1.

Відмічено, що залежність між масовою часткою вологи та кількістю циклів заморожування може бути показовим при визначенні кількості необхідних циклів заморожування-центрифугування. Так, на рис. 2 видно, що з кожним циклом вміст вологи в твердій частині досліджуваних зразків зменшується, а в рідкій частині збільшується зі збільшенням циклів. Проте масова частка сухих речовин, навпаки, збільшується в твердій частині і зменшується у рідкій, що проілюстровано на рис. 3. Дані зміни пояснюються перерозподілом сухих речовин і вологи в досліджуваних зразках при заморожуванні і наступному центрифугуванні, в результаті якого відбувається перехід компонентів з однієї фази в іншу. При цьому зберігається загальна стійкість масової частки вологи і сухих речовин у наважці досліджуваного зразка, що свідчить про відсутність протікання хімічних реакцій та наявності явища седиментації.

Основаючись на даних табл. 1 встановлено, що масова частка вимороженої вологи в продуктах переробки айви японської в процесі низькотемпературного зберігання за температури -20 ± 2 °C збільшується. Так, цей показник збільшується від 84,8 % до 87,0 % для рідкої частини, від 63,7 % до 64,9 % – для твердої частини.

Аналізуючи дані таблиці 1 встановлено, що заморожування при -20 ± 2 °C сприяє повному консервуванню продукції. Подальше витримування при температурі в таких межах дає можливість формувати товарознавчі властивості заморожених продуктів переробки айви японської, а саме, забезпечення збереженості таких органолептичних показників, як консистенція та пружність.

Відповідно до даних таблиці 2 відмічено зменшення загальної мікробіологічної забрудненості зразків, що свідчить про негативний вплив холоду на життєдіяльність мікроорганізмів. Порівняно із свіжоприготовленими продуктами переробки, кількість МАФАНМ, дріжджів та плісневих грибів після 30, 60, 90, 180 та 270 діб низькотемпературного низькотемпературного зберігання суттєво зменшилася.

Визначено, що мікробіологічні показники досліджуваних продуктів переробки айви японської не перевищують норм, що наведено в ДСТУ 6029:2008 «Напівфабрикати фруктові та ягідні (подрібнені та пюреподібні) швидкозаморожені».

Отримані наукові результати можна використовувати під час розроблення режимів заморожування-розморожування продуктів переробки айви японської на підприємствах харчової та переробної промисловості, розширення асортименту продукції на основі використання вітчизняної сировини.

Необхідним є подовження вивчення впливу продуктів переробки айви японської у поєднанні з іншими компонентами на показники якості та безпечності кінцевого продукту. Але доцільно проводити комплексні дослідження з урахуванням ступеня стиглості та кліматичних умов виростання айви японської, аналізуючи при цьому технологічний процес в цілому та показники готового продукту.

Особливий інтерес має дослідження діапазонів кристалізації та плавлення вимороженої вологи в дослідних зразках, її масова частка. Дослідження даних показників можуть надати цікаві результати щодо поведінки продуктів переробки айви японської в процесі низькотемпературного зберігання. Недоліком даного способу є використання експериментальної установки – низькотемпературного калориметра, що розроблений власноруч і запатентований вченими в Харківському державному університеті харчування та торгівлі.

Отримання напівфабрикатів з певними властивостями, належної якості та безпечності є головним пріоритетом при виробництві харчових продуктів. Тому дослідження впливу інших факторів є основою для подальших досліджень.

9. Висновки

1. Встановлено, що в процесі обраного способу попередньої підготовки продуктів переробки айви японської шляхом циклічного заморожування-центрифугування відбувається перерозподіл сухих речовин та досягається фазова рівновага дослідних зразків.

2. Визначено збільшення масової частки вимороженої вологи в продуктах переробки айви японської в процесі низькотемпературного зберігання за температури мінус 20 ± 2 °C. Так, цей показник для рідкої частини збільшився від 84,8 % до 87,0 %, для твердої частини – від 63,7 % до 64,9 %. Кількісно визначено перший та другий діапазони температур кристалізації та плавлення вимороженої вологи в продуктах переробки айви японської. Відмічено, що заморожування при мінус 20 ± 2 °C сприяє повному консервуванню продукції. Отримані результати дають можливість коригувати режими заморожування та розморожування продуктів переробки айви японської на підприємствах харчової промисловості.

3. Визначено, що кількість МАФАНМ, дріжджів та плісневих грибів (КУО в 1 г) в продуктах переробки айви японської протягом 270 діб низькотемпературного зберігання не перевищує вимог ДСТУ 6029:2008 «Напівфабрикати фруктові та ягідні (подрібнені та пюреподібні) швидкозаморожені». Отримані дані свідчать про безпечність споживання даних продуктів протягом усього строку зберігання.

Література

1. Хомич Г. П., Ткач Н. І., Левченко Ю. В. Дослідження хімічного складу плодів хеномелесу і використання його в соковому виробництві // Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Сер.: Технічні науки. 2014. № 1 (61). С. 98–104.
2. Roberts J. S., Gentry T. S., Bates A. W. Utilization of Dried Apple Pomace as a Press Aid to Improve the Quality of Strawberry, Raspberry, and Blueberry Juices // Journal of Food Science. 2004. Vol. 69, Issue 4. P. SNQ181–SNQ190. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06361.x>
3. Freezing Preservation of Fruits / De Ancos B., Sánchez-Moreno C., De Pascual-Teresa S., Cano M. P. // Handbook of Fruits and Fruit Processing. 2012. P. 103–119. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118352533.ch7>

4. Тележенко Л. Н., Паскал Ю. Г. Определение режимных параметров процесса замораживания фруктово-ягодных десертов // Хранительна наука, техника и технологии. 2010. Т. LVII, № 2. С. 611–616.
5. Черевко О. І., Одарченко А. М. Наукові основи формування якості полідисперсних харчових систем за умов заморожування // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2010. Вип. 2. С. 232–237.
6. Нове про каротиноїди та окислювальні ферменти каротиноїдних овочів під час кріогенного "шокового" заморожування та подрібнення / Павлюк Р. Ю., Погарська В. В., Маціпура Т. С., Лосева С. М., Граділь У. І. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2013. Вип. 1 (1). С. 52–60.
7. James C., Purnell G., James S. J. A Review of Novel and Innovative Food Freezing Technologies // Food and Bioprocess Technology. 2015. Vol. 8, Issue 8. P. 1616–1634. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1542-8>
8. Chaves A., Zaritzky N. Cooling and Freezing of Fruits and Fruit Products // Food Engineering Series. 2018. P. 127–180. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3311-2_6
9. Improving postharvest quality and antioxidant capacity of sweet cherry fruit by storage at near-freezing temperature / Zhao H., Wang B., Cui K., Cao J., Jiang W. // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 246. P. 68–78. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.054>
10. Characterization of cold hardiness in quince: potential pear rootstock candidates for northern pear production regions / Einhorn T. C., Turner J., Gibaut D., Postman J. D. // Acta Horticulturae. 2011. Vol. 909. P. 137–143. doi: <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.909.13>
11. Antoniewska A., Rutkowska J., Adamska A. Profile of Japanese quince fruit and its application in food industry // Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc. 2017. Vol. 24, Issue 2. P. 5–15.
12. Brown V. A., Lozano J. E., Genovese D. B. Pectin extraction from quince (*Cydonia oblonga*) pomace applying alternative methods: Effect of process variables and preliminary optimization // Food Science and Technology International. 2014. Vol. 20, Issue 2. P. 83–98. doi: <https://doi.org/10.1177/1082013212469616>
13. Effects of different thawing methods: On microstructure and texture of raspberries (cv. Heritage) / Shang H., Li L., Hong X., Song J., Meng X. // AgroFOOD Industry Hi Tech. 2016. Vol. 27, Issue 4.
14. Investigation of the properties of marmalade with plant cryoadditives during storage / Shmatchenko N., Artamonova M., Aksonova O., Oliinyk S. // Journal of food science and technology-Ukraine. 2018. Vol. 12, Issue 1. P. 82–89. doi: <https://doi.org/10.15673/fst.v12i1.843>
15. Мікробіологічні показники замороженого тістового напівфабрикату з додаванням рослинної сировини в процесі виробництва та зберігання / Погожих М. І., Одарченко Д. М., Одарченко А. М., Черкашина В. Ю. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2011. Вип. 1. С. 177–180.

16. Одарченко А. М., Одарченко Д. М., Погожих М. І. Пристрій для визначення кількості вільної та зв'язаної вологи при температурах, близьких до температури рідкого азоту: Пат. № 13953 UA. № u200511091; заявл. 23.11.2005; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.

17. Cryoscopic and microbiological study of the semi-finished product for making a smoothie drink / Odarchenko D., Odarchenko A., Sokolova E., Mikhailik V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2, Issue 2 (92). P. 65–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126408>

18. ДСТУ 6029:2008. Напівфабрикати фруктові та ягідні (подрібнені та пюреподібні) швидкозаморожені. К.: Держспоживстандарт України, 2009.